

超声空化对丙酮激光喇曼光谱的影响^{*}

谢锦平^a 李化茂^c 罗序中^a 吕家鸿^a 于 剑^b
袁振鹏^a 冯 若^d

(a. 赣南师范学院近代声学研究所 赣州 341000)

(b. 中国科学院技术物理所 上海 200083)

(c. 吉安师范专科学校物理系 吉安 343009)

(d. 南京大学声学所 南京 210093)

1999 年 3 月 8 日收到

摘要 本研究设计了一种可引入超声的喇曼光谱样品池。对丙酮的激光喇曼光谱的检测表明, 超声空化降低了喇曼光谱的强度。我们认为, 超声空化减少了激光光路上参与散射的丙酮分子数是光谱强度降低的主要原因。

关键词 超声空化, 喇曼光谱, 样品池, 丙酮, 散射

Effect of ultrasonic cavitation on acetone laser Raman spectrum

Xie Jingping^a Li Huamao^c Luo Xuzhong^a Lü Jiahong^a Yu Jian^b
Yuan Zhenpeng^a Feng Ruo^d

(Institute of Modern Acoustics, Gannan Teachers' College, Ganzhou 341000)

(b. Shanghai Institute of Technical Physics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200038)

(c. Dept. of Physics, Ji'an Teachers' College, Ji'an 343009)

(d. National Lab. for Modern Acoustics, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract We design a Raman Spectrum sample cell into which can be introduced the Ultrasonic cavitation. Experiment on the laser Raman spectrum of acetone shows that Ultrasonic cavitation reduces the intensity of the spectrum. It is thought that one of the main reason of the reduction of the intensity is that Ultrasonic cavitation reduces the number of acetone molecules that scatter the Laser.

Key words Ultrasonic cavitation, Raman spectrum, Sample cell, Acetone, Scatter

1 引言

在超声的物理、化学和生物效应中, 声空化常起着重要甚至是主要的作用^[1,2]。如果能将超声空化装置与其它现代仪器实现联机检测,

则可以深化和扩充超声空化效应的理论和应用研究。作者设计了一种特殊形状的喇曼光谱样品池, 它既能让激光束透过实验液体, 又同时可在样品中引发超声空化场, 从而观测到超声

^{*} 中国科学院红外物理国家重点实验室、南京大学近代声学国家重点实验室和江西省自然科学基金资助项目

2 实验器材与方法

由声致荧光成像的实验表明，超声空化(场) 可在弯曲的玻璃容器中引导 [3,4]，因此，我们设计了如图 1 所示形状的石英玻璃样品池。激光束可透过池内的超声空化场，即透过空化着的液体样品。液体样品选用丙酮 (acetone, C₃H₆O) 。

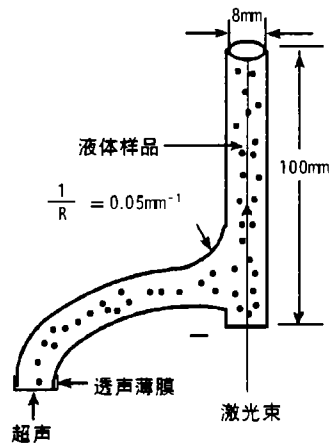


图 1 石英玻璃样品池

所用的联机仪器有： WH-1 型超声电源 (频率 1.45MHz, 电功率 25W, 并分强、弱二档调用);SPEX-1403 型喇曼谱仪，扫描范围取 300–1600cm⁻¹；取氩离子激光器的 488nm 线作激发光源，功率 150mw。实验时，将盛有丙酮的样品池置于喇曼光谱仪的样品照明系统中，调节集光镜的位置，使激光束成像于入射狭缝处。引入超声前，按常规方法扫出丙酮的激光喇曼光谱图，然后施加超声，待丙酮中形成 (很快) 空化后重新扫出谱图，并作比较。

3 结果

如图 2 所示，超声空化降低了丙酮的激光喇曼光谱的强度；超声电功率升高越大，光谱强度降低越多，当超声电功率为 25W 时，光谱

应用声学

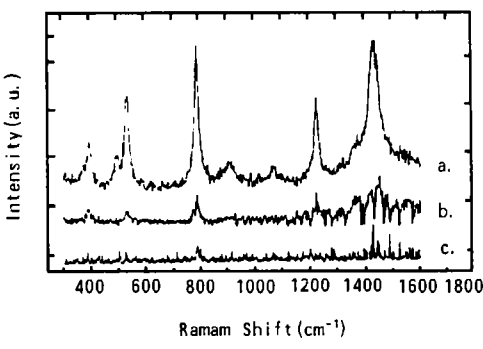


图 2 超声空化对丙酮的激光喇曼光谱的影响

- a. 超声电功率为零 (对照谱线)
- b. 超声电功率升高
- c. 超声电功率 25W

4 讨论

在 N 个分子构成的喇曼散射体系中，斯托克斯线和反斯托克斯线的强度可分别表示为 [5]：

$$I_{k,s} \propto N/[1 - \exp(-\hbar\omega_k/KT)] \quad (1)$$

$$I_{k,as} \propto N/[\exp(+\hbar\omega_k/KT) - 1] \quad (2)$$

作者认为，虽然空化泡内的温度很高，但微细的声空化泡在液体样品中占有的体积份量极少，它们对整个液体样品的温度影响很小 [6]，所以此时喇曼光谱的强度主要取决于上述 (1)、(2) 式中的分子 N，即参与散射的液体分子数。一方面，由于空化泡的数量极大，这就大大降低了样品中激光光路上的液体分子密度，即减少了参与散射的丙酮分子数。一般而言，超声功率越大，空化泡越多，参与散射的分子数则更少，当超声功率增大到一定程度时，液体分子的喇曼散射光就几乎测不到了。另一方面，由于空化泡散射激光，使激光束的方向发生变化。根据折射定律，考虑到丙酮的折射率 n 大于空气的折射率 n'，不难得到激光束经空化泡散射后呈发散趋势的结论 (如图 3 所示)。因此，激光束的强度减弱，喇曼散射光也就变弱

了。当然，超声空化场的干扰也可能影响喇曼散射中间态的形成，因而降低了光谱的强度。至于超声空化的这种影响是否具有普遍性，则仍需要进一步研究。

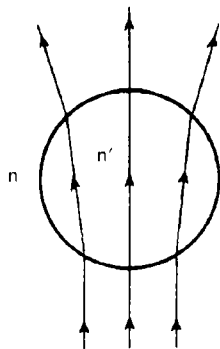


图 3 空化泡对激光的散射

参 考 文 献

- 1 Atchley A A, Crum L A. Acoustic cavitation and bubble dynamics, in ultrasound: Its Chemical, Physical and Biological Effects (edited by Kenneth S.Suslick), 1988 VCH Publishers, Inc.
- 2 冯若, 李化茂. 声化学及其应用. 安徽: 安徽科技出版社, 1992, 67-156.
- 3 李化茂, 谢安东等. 声学技术, 1997, 16(3): 117-118.
- 4 Li Huamao, Feng Ruo, et al. Sonofluorescence image in unalogue Sonochemical reactor, Proceedings of the 16th ICA/175th ASA(edited by P.K.Kuhl and L.A.Crum), 1998, Vol. III, 1719-1720.
- 5 吴思诚, 王祖铨. 近代物理实验 (2). 北京: 北京大学出版社, 1986, 8-9.
- 6 Suslick K s, Hammerton D A. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Volume UFFC-33, No2. March 1986, 143-147.

国际超声会议将在印度举行

为庆祝印度超声学会 (USI) 成立 25 周年和国际著名印度科学家 Krishnan 博士的 100 周年诞辰, 将于 1999 年 12 月 2-4 日在印度 New Delhi 国家物理研究所 (NPL) 举行国际超声会议及展览会 (ICEU-99),

会议主题之一是超声 NDT . 有关会议的更多信息请与印度超声学会 Shundarakshan T.D. 主席联系。

电子邮件: secdmg@igcar.emet.in

(中国科学院声学所 郭成彬)